第 37 卷第 4 期
2017 年 2 月
生 态 学 报
ACTA ECOLOGICA SINICA
Vol.37,No.4
Feb.,2017

DOI: 10.5846/stxb201606301329
刘吉平, 马长迪.1985—2015 年向海沼泽湿地斑块稳定性的空间变化.生态学报,2017,37(4):1261-1269.
Liu J P, Ma C D.The spatial variation in the patch stability of marshes in Xianghai between 1985 and 2015.Acta Ecologica Sinica,2017,37(4):1261-1269.

1985—2015 年向海沼泽湿地斑块稳定性的空间变化

刘吉平*, 马长迪
吉林师范大学 旅游与地理科学学院, 四平 136000

摘要:湿地稳定性对湿地生态系统的结构和功能起着至关重要的作用。为了研究湿地斑块稳定性的区域分异规律及时空动态变化,采用专家打分法,在斑块尺度上构建了湿地斑块稳定性模型,并以遥感影像为数据源,对 1985—2015 年的向海自然保护区及其周边地区沼泽湿地斑块稳定性的时空变化进行研究。结果表明:1985 年与 2015 年的沼泽湿地斑块稳定性呈现中部最强、东部最弱、西部较强的特点;1985—2015 年间研究区沼泽湿地斑块稳定性总体向东偏移,空间集聚性增强;1985—2015 年研究区沼泽湿地斑块稳定性呈上升趋势,空间结构性变弱,离散程度增强;1985 年沼泽湿地斑块稳定性由核心区向外逐渐递减,而 2015 年实验区的沼泽湿地斑块稳定性大于缓冲区。研究结果向海自然保护区及其周边地区沼泽湿地的规划与管理提供合理性建议。

关键词:向海自然保护区;周边地区;沼泽湿地;斑块;稳定性

The spatial variation in the patch stability of marshes in Xianghai between 1985 and 2015

LIU Jiping*, MA Changdi
College of Tourist and Geoscience, Jilin Normal University, Siping 136000, *China*

Abstract: Wetland stability plays a vital role in the structure and functions of wetland ecosystems. In order to study the regional change in wetland patch stability and the space-time dynamic of the marshes, an expert evaluation method was used to construct a wetland patch stability model at the patch scale. Sensing image data were collected to investigate the space-time changes to marshes patch stability in the Xianghai National Nature Reserve and its surrounding area between 1985 and 2015. The results suggested that between 1985 and 2015, the marsh patch stability characteristics were strongest in the central areas, weakest in the east, and relatively stronger in the west. Marsh patch stability was skewed towards the east, and the spatial centralization increased in the study area between 1985 and 2015. Furthermore, marsh patch stability gradually increased, its spatial structure weakened, and measures of dispersion increased between 1985 and 2015. Marsh patch stability has gradually decreased from the core area to the periphery since 1985 and marsh patch stability was greater in the experimental zone than in the buffer zones in 2015. This study provides practical suggestions that will improve marsh planning and management in the Xianghai National Nature Reserve and its surrounding area.

Key Words: Xianghai National Nature Reserve; surrounding area; marshes; patch; stability

湿地是地球最重要的生态系统之一[1-3],是由水陆相互作用而形成的独特的自然综合体[4-6],具有抵御洪水、调节气候、维护生物多样性和资源利用等生态功能[7-10]。随着社会经济的发展和人口的增加,湿地功能严

基金项目:中央财政林业科技推广示范资助项目(吉推[2014]16 号);国家自然科学基金资助项目(41071037)
收稿日期:2016-06-30; **修订日期**:2016-11-10
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: Liujpjl@ 163.com

重受损,生态效益日益降低[11]。湿地生态系统的不断退化,湿地稳定性成为国内外众多学者的研究热点。Hill 认为热力学是稳定性概念的来源,稳定性是生态系统的重要特性,对生态系统的结构和功能起着至关重要的作用[12-13]。景观生态学将景观研究尺度明确划分为景观尺度、类型尺度和斑块尺度[14]。目前,国内外学者主要从景观尺度和类型尺度上研究土地利用景观格局稳定性[15-18],针对湿地景观生态系统,我国学者利用系统稳定性[19]、生态学和系统学理论[20]、景观生态学原理[21]对其稳定性进行分析与评价。不同学者通过选取不同的相关指标对湿地景观稳定性及其动态变化进行研究,根据国内学者对湿地景观稳定性及其动态变化的表述,认为斑块数量和面积变化率、斑块密度变化率、斑块形状指数、斑块面积、湿地率、农耕因子、湿地与道路的距离和与居民点的距离等指标均对湿地景观稳定性及其动态变化具有一定的影响[10,22-28]。大量研究成果表明,景观稳定性对景观的保护与管理,尤其对湿地景观的保护与管理具有重大意义。然而许多学者大多以典型湿地为研究区域,从景观尺度或者类型尺度分析湿地景观的稳定性,在斑块尺度上的研究相对较少,而研究斑块尺度上的沼泽湿地稳定性,可以揭示湿地斑块稳定性的区域分异规律,对沼泽湿地的保护与规划具有重要意义。

本文以向海自然保护区及其周边地区为研究区域,通过选取影响沼泽湿地斑块稳定性的相关指标,构建湿地斑块稳定性模型,集成 RS、GIS 技术,从斑块尺度上分析 1985—2015 年向海自然保护区以及周边地区的沼泽湿地斑块稳定性的时空变化规律,为向海自然保护区沼泽湿地的保护与管理提供理论依据以及合理性建议。

1 研究区域概况

向海自然保护区中心到边缘平均距离为 20 km,为与区内沼泽湿地进行对比,本文将研究区域确定为向海自然保护区及其向外扩展 20 公里的周边地区。研究区位于吉林省西部的通榆县境内以及内蒙古西部地区,总面积为 5680 km^2。地理坐标为 121°49′—123°05′E,44°40′—45°26′N,主要包括吉林省白城市、内蒙古自治区的突泉县和兴安盟所属的科尔沁右翼中旗(图 1)。研究区属于温带大陆性季风气候,春季干旱多风,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥且漫长,年平均气温为 5.1℃,≥10℃积温 3011.7℃;年蒸发量达 1954 mm,年平均降水量 408.3 mm,且多集中在 7、8 月份,尤其在夏季午后,对流雨偏多,因此年内和年际降水量变化幅度较大。该区地处内蒙古高原与东部平原的过渡地带,总体地势由西向东稍微倾斜,海拔在 155—191 m 之间,地势起伏较小,主要以风沙堆积地貌和周边风成地貌为主,土壤主要为盐碱土、风积沙土、草甸土以及栗钙土。在构造上该区属松辽凹陷西部沉降带,河流流经此地,水流散漫排泄不畅,形成大面积的沼泽湿地,其中向海自然保护区内主要有横贯东西的霍林河、中部的额木太河以及北部的洮儿河的引水工程,三大季节性河流在向海自然保护区内形成大肚泡、付老文泡等 22 个泡沼,雨季河水漫流于沙丘之间,形成许多天然泡沼,最终形成洪泛性沼泽湿地[29]。

2 数据与研究方法

2.1 数据来源与处理

本文利用 SPSS 软件,对 1985—2015 年间 16 个时期(时间间隔为 2 a)的研究区沼泽湿地面积的时间序列进行分析,结果为:

$$Y = 158.9 + 3.81t \tag{1}$$

式中,Y 表示面积(km^2);t 表示时间(a)

检验结果显示,方程在 0.014 水平上显著,并通过了 F 检验(F=7.912)。总体来看,1985—2015 年研究区沼泽湿地面积具有逐渐增加的趋势。因此,本文选取 1985 年和 2015 年对向海自然保护区及其周边地区的沼泽湿地斑块稳定性进行分析。

本文采用研究区 1985 年、2015 年两期的土地利用数据,主要通过解译 1985 年 8 月 21 日和 2015 年 7 月

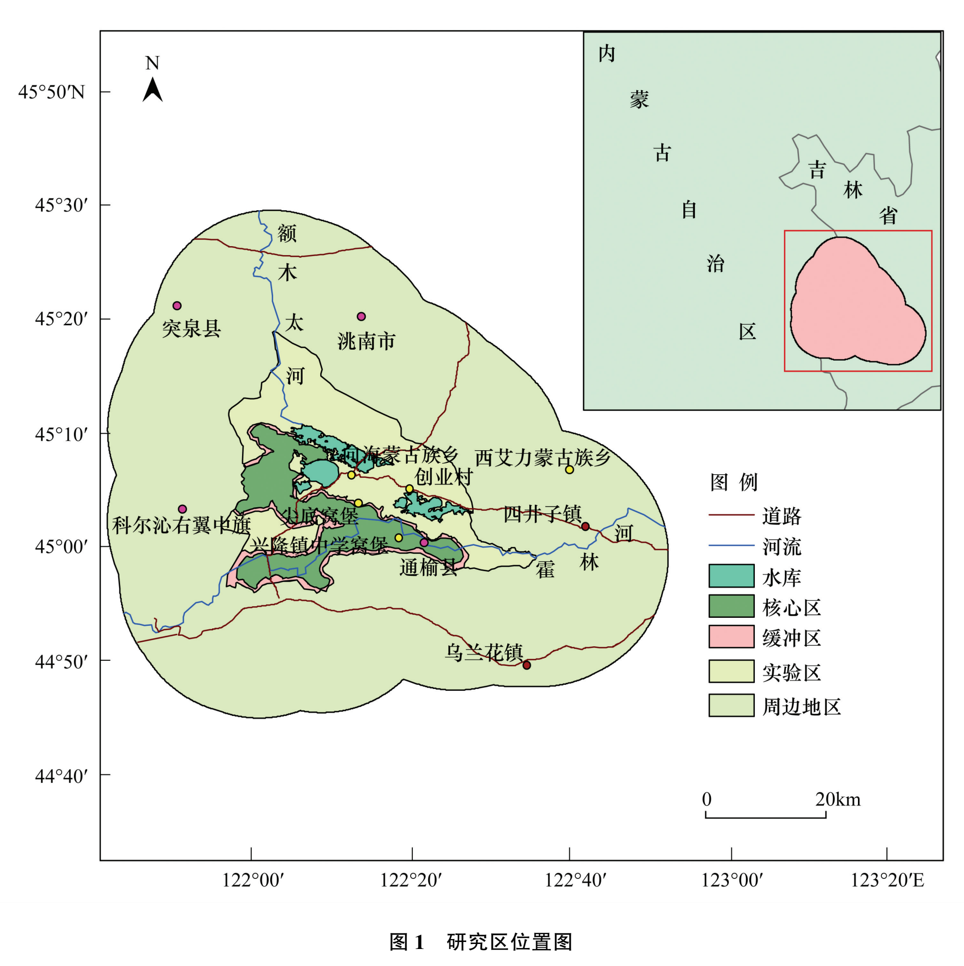


图 1　研究区位置图

Fig.1　Location of the study area

7 日的 TM 遥感影像获得,天气晴朗无云。2 期的遥感影像均由美国地质调查局提供(http://glovis.usgs.gov/),遥感影像数据的空间分辨率均为 30m。对于 2 期遥感影像的具体处理步骤如下:①利用 ENVI 5.1 软件,在 ENVI Classic 界面对 2 期影像的 5、4、3 波段进行合成,在 ENVI 5.1 中对合成影像进行图像增强、融合处理;②利用 1:10 万地形图对遥感影像进行几何纠正;③对处理后的 2 期影像建立图像解译标志,进行目视解译,在遥感影像上提取耕地、沼泽湿地、居民用地以及主要交通干线,其中沼泽湿地最小斑块面积为 0.01 km^2。采用抽样统计精度验证法,在野外设立验证点,并结合高分辨率遥感影像对解译结果进行检验,最终解译精度达到 91.9%以上,基本可以满足本文的研究需要。

2.2　模型的构建

本文以研究区中的沼泽湿地作为研究对象,参考相关文献[10,22-28],并结合研究区现状,选取 6 个影响湿地斑块稳定性的相关指标,分别为湿地斑块面积、斑块形状指数[17]、每个湿地斑块向外扩展 5000 m 的湿地率(每个湿地斑块缓冲区内湿地面积与缓冲区面积之比)、与最近居民点的距离(每个湿地斑块中心点到最近居民点的距离)、与最近道路的距离(每个湿地斑块中心点到最近道路的距离)、每个湿地斑块向外扩展 5000 m 的农田率(每个湿地斑块缓冲区内农田面积与缓冲区面积之比)。

为了定量分析各驱动因子对研究区沼泽湿地稳定性的影响,采用专家打分的方法,通过考虑它们对沼泽湿地的空间分布、结构和功能等影响,确定以上 6 个相关指标对研究区沼泽湿地稳定性的影响程度,从而计算出斑块面积指数、斑块形状指数、每个斑块向外扩展 5000 m 的湿地率、与最近居民点的距离指数、与最近道路的距离指数、每个斑块向外扩展 5000 m 的农田率对沼泽湿地斑块稳定性的影响程度依次 0.3、0.3、0.4、0.3、0.2和 0.5。因此,在湿地斑块稳定性模型的公式中 6 个指标的系数分别为 0.3、0.3、0.4、0.3、0.2 和 0.5。其计

算式如下：

$$PS = \frac{0.3 \times S_1 + 0.3 \times S_2 + 0.4 \times S_3}{0.3 \times P_1 + 0.2 \times P_2 + 0.5 \times P_3} \quad (2)$$

式中，PS 为湿地斑块稳定性指数，S_1 为斑块面积指数，S_2 斑块形状指数，S_3 为每个斑块向外扩展 5000 m 的湿地率，P_1 为与最近居民点的距离指数，P_2 与最近道路的距离指数，P_3 每个斑块向外扩展 5000 m 的农田率。

利用 ArcGIS 10.2 对 6 个指标数据进行处理，结合 SPSS 软件分别对 1985 年和 2015 年的 6 个指数进行极大值标准化处理，使每个指数范围处于 0—1 之间。根据公式(2)，计算出 1985 年与 2015 年湿地斑块稳定性指数。然后，分别对 1985 年 152 个沼泽湿地斑块和 2015 年 145 个沼泽湿地斑块的稳定性进行 Kriging 插值。

3 结果与分析

3.1 研究区沼泽湿地斑块稳定性的空间分布

利用 ArcGIS 10.2 软件得到 1985—2015 年沼泽湿地斑块空间分布图(图 2)，并对沼泽湿地稳定性指数进行处理，采用普通 Kriging 插值方法得到 1985—2015 年研究区沼泽湿地斑块稳定性指数空间分布图(图 3)。根据插值结果，沼泽湿地斑块稳定性数值越大，稳定性等级越高，沼泽湿地斑块稳定性越强，反之，同理。由图 2、图 3 可知，1985 年研究区东南部的乌兰花镇、四井子镇附近沼泽湿地分布较少、居民用地较多、人为干扰强度大，因此该区沼泽湿地斑块稳定性最弱；研究区中心为向海自然保护区的核心区，沼泽湿地斑块稳定性最强；2015 年研究区东部乌兰花镇、四井子镇和西艾力蒙古族乡附近沼泽湿地斑块稳定性最弱，该区沼泽湿地分布较少，耕地面积较多，农业干扰强度较大；研究区中心的向海自然保护区窝堡、尖底窝堡附近沼泽湿地斑块稳定性最强。而 1985 年与 2015 年研究区西部科尔沁右翼中旗沼泽湿地斑块稳定性均相对较强。

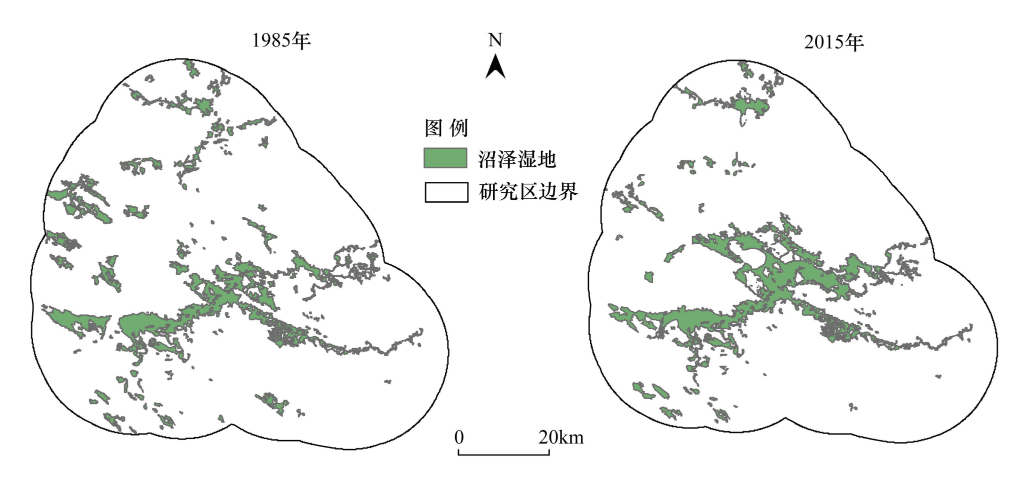


图 2 1985—2015 沼泽湿地斑块空间分布图

Fig.2 1985—2015 marshes patch of the spatial distribution

3.2 研究区沼泽湿地斑块稳定性的动态变化

利用 ARCGIS 10.2 的栅格计算工具，用 2015 年沼泽湿地斑块稳定性指数减去 1985 年沼泽湿地斑块稳定性指数，对差值进行插值，得出 1985—2015 年间沼泽湿地斑块稳定性空间变化图(图 4)，若稳定性值大于 0，则稳定性增强；若稳定性值小于 0，则说明稳定性降低，若稳定性值等于 0，则说明稳定性不变。1985—2015 年研究区沼泽湿地斑块稳定性大多呈降低趋势，少部分稳定性呈增强趋势。由图 4 可知，1985—2015 年间，研究区北部的突泉县、洮南地区以及研究区西部的兴安盟科尔沁右翼中旗附近的沼泽湿地斑块稳定性降低，稳定性变化幅度较大；研究区中部的创业村和兴隆镇中学窝堡附近沼泽湿地稳定性降低，而研究区中部的向海自然保护区窝堡、尖底窝堡附近的沼泽湿地斑块稳定性增强；研究区中通榆县的东南部沼泽湿地斑块稳定性降低。

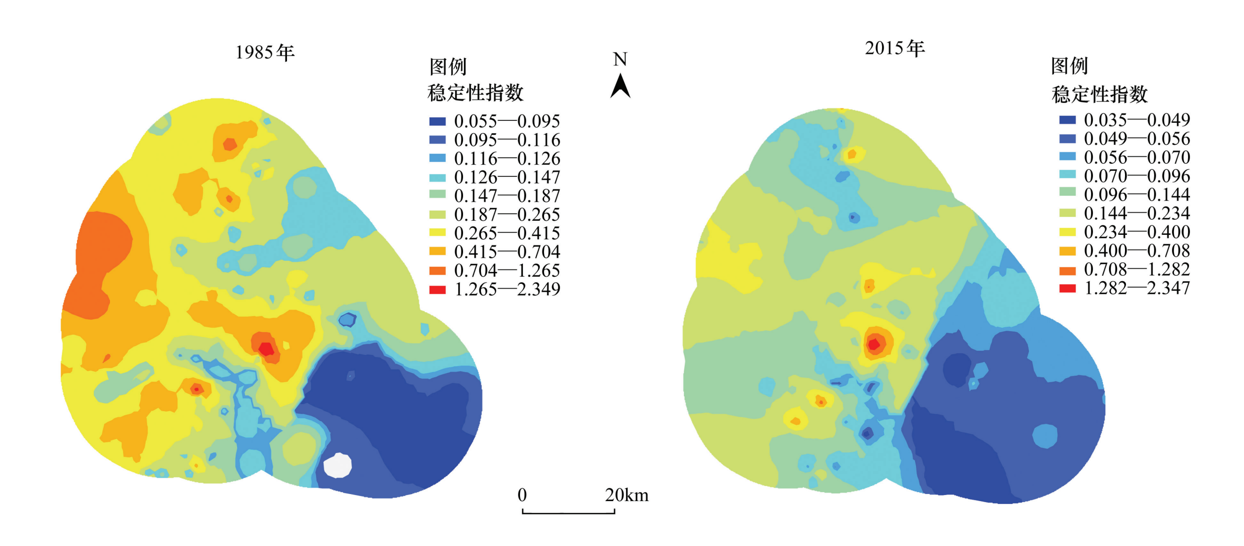


图 3　1985—2015 年沼泽湿地斑块稳定性指数空间分布图

Fig.3　1985—2015 the marshes patch stability of the spatial distribution

人类活动是向海自然保护区及其周边地区沼泽湿地斑块稳定性空间变化的主要因素。随着人口的增多,人类对耕地的需求量增加,逐渐加大对沼泽湿地的开垦,因此研究区北部、西部沼泽湿地斑块稳定性逐渐降低。由于内蒙古科尔沁右翼中旗草地较多,长期发展畜牧业,人为干扰强度逐渐增大,沼泽湿地抗干扰能力减弱,破碎化程度加剧,因此科尔沁右翼中旗附近的沼泽湿地斑块稳定性降低幅度比研究区北部的降低幅度大;研究区中部创业村和兴隆镇中学窝堡附近沼泽湿地分布较少,附近农村居民所需的生活用水以及农业用水均对该区的沼泽湿地的存在产生直接影响,从而使得此区域沼泽湿地斑块稳定性降低;而研究区中部的向海自然保护区窝堡、尖底窝堡附近的沼泽湿地大多处于向海自然保护区的核心区位置,沼泽湿地分布较多,居民用地相对较少,农业活动较少,沼泽湿地抗干扰能力较强,因此该区沼泽湿地斑块稳定性增强;研究区东南部沼泽湿地斑块数量较少,且耕地面积较多,农业生产活动影响较大,因此该区沼泽湿地斑块稳定性降低。

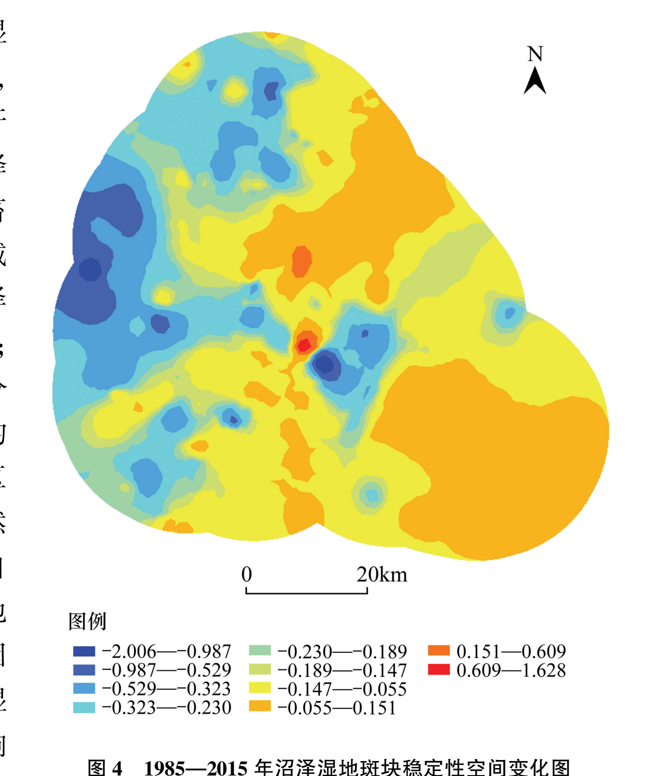


图 4　1985—2015 年沼泽湿地斑块稳定性空间变化图

Fig.4　1985—2015 the marshes patch stability of the spatial change

3.3　沼泽湿地斑块稳定性标准化椭圆空间变化

利用 GIS 技术,制作出研究区 1985—2015 年沼泽湿地斑块面积及其稳定性标准化椭圆空间变化图(图 5)。由图 5 可知,1985—2015 年沼泽湿地斑块面积重心总体呈现“西北—东南”的空间分布格局,重心转移距离为 2.899 km,减少的沼泽湿地主要集中在西部以及西北地区,受人类活动影响较大。1985—2015 年沼泽湿地斑块面积标准差椭圆的短轴与长轴之比逐渐减小,长轴和短轴均呈现缩短趋势,这表明研究区沼泽湿地斑块稳定性在东-西方向和南-北方向均呈现收缩状态,且短轴的收缩趋势强于长轴的收缩趋势。

随着人口增多,人类活动频繁,农业干扰活动较多,1985—2015 年沼泽湿地斑块稳定性重心总体呈现“西-东的空间分布格局,重心转移距离为 2.283 km,沼泽湿地斑块稳定性标准差椭圆的短轴与长轴之比逐渐

减小,且长轴和短轴呈现缩短趋势,这表明研究区沼泽湿地斑块面积在东-西方向和南-北方向均呈现收缩状态,且短轴的收缩趋势强于长轴的收缩趋势。

总之,1985—2015 年沼泽湿地斑块面积重心与 1985—2015 年间沼泽湿地斑块稳定性重心总体变化趋势基本保持一致,均呈现向东移动的趋势,二者标准差椭圆均呈现收缩趋势。结合 1985—2015 年间研究区的实际情况以及相关政策,在一定程度上可以解释沼泽湿地斑块稳定性空间格局的变化。近几年,吉林省西部地区河湖连通工程的实施,主要将汛期中的霍林河、洮儿河富余的水引入向海自然保护区内的大型泡沼中,进行生态补水。受水文因素的影响,研究区中东部水量不断增加,沼泽湿地面积增加,因此二者重心均向研究区东部偏移。

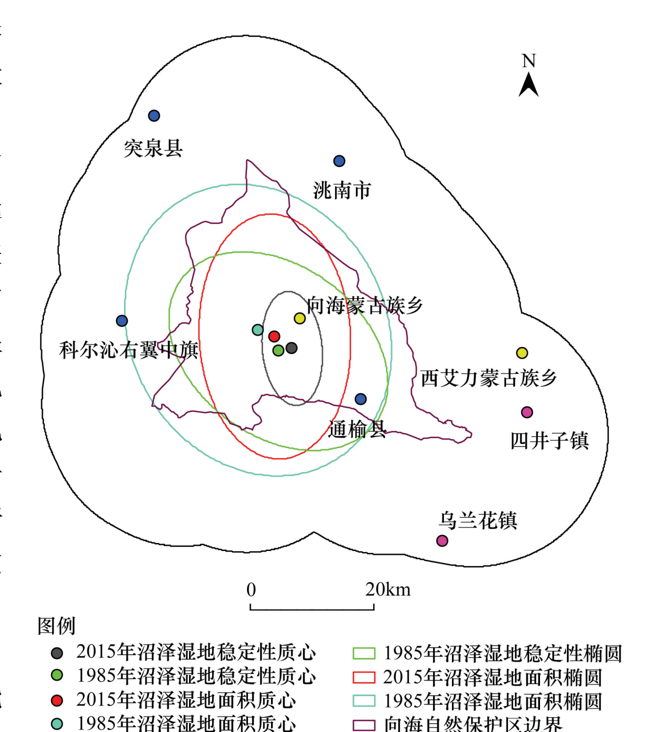


图 5 1985—2015 年沼泽湿地斑块面积及其稳定性标准化椭圆空间变化图

Fig.5 1985—2015 the marshes patch 's area and stability of the standard deviational ellipse spatial change

3.4 沼泽湿地斑块稳定性研究分区动态变化分析

利用 ARCGIS 10.2 软件,结合向海自然保护区功能区规划图,将研究区划分为核心区、缓冲区、实验区以及向海自然保护区的周边地区。利用 SPSS 软件,在类型尺度上,计算分别得出 4 个研究分区沼泽湿地斑块稳定性面积加权平均值(表 1)。

从整体来看,1985—2015 年研究区沼泽湿地斑块稳定性总体呈上升趋势;从研究分区来看,1985—2015 年向海自然保护区内的核心区、缓冲区、实验区以及周边地区的沼泽湿地斑块稳定性指数逐渐增加,其中核心区、缓冲区、实验区沼泽湿地面积分别大约增长了 26、5、70 km^2,增幅分别为 24%、20%、79%(表 2)。这主要与近几年吉林省耕地补偿制度、“退耕还湿”政策以及“引洮入向”、“引霍入向”工程的实施有着直接联系。

表 1 研究分区沼泽湿地斑块稳定性面积加权平均值

Table 1 Partition's marshes patch stability and area-weighted mean

年份 Year	核心区 Core area	缓冲区 Buffer zone	实验区 Experimental zone	周边地区 Surrounding area	研究区 Study area
1985	2.292	2.150	1.877	0.997	1.490
2015	2.319	2.189	2.294	1.157	1.865

表 2 研究区沼泽湿地以及耕地面积

Table 2 Marshes and the cultivated land's area in the study area

年份 Year	沼泽湿地 Marshes/km^2					耕地 Cultivated land/km^2		
	核心区 Core area	缓冲区 Buffer zone	实验区 Experimental zone	周边地区 Surrounding area	整个研究区 Study area	保护区 Reserve	周边地区 Surrounding area	整个研究区 Study area
1985	108	25	89	280	502	97	1272	1369
2015	134	30	159	196	519	207	2033	2240

3.5 沼泽湿地斑块稳定性空间变异分析

结合 SPSS 统计软件,计算得出 1985 年与 2015 年研究区沼泽湿地斑块稳定性的平均值(MN)、标准差(SD)和变异系数(C_V)。根据变异系数可以将沼泽湿地斑块稳定性分为 3 个程度,C_V≤0.1 为弱变异程度、0.1

<C_V≤1 为中等变异程度、C_V≥1 为强变异程度[30-31]。1985 年、2015 年间沼泽湿地斑块稳定性的 C_V 值分别为 1.101、1.611,均大于 1,则表明 2 时期沼泽湿地斑块稳定性属于强变异程度。1985—2015 年 C_V 值逐渐增大,说明沼泽湿地斑块稳定性离散程度增强,沼泽湿地稳定性的空间结构性变弱。主要是耕地面积的增加、居民点数量的增多,人为破坏强度大,人类干扰起到主导作用。

4　讨论与结论

4.1　讨论

赵峰等在三江源典型区湿地景观稳定性与转移过程分析的研究中,选取了斑块结构稳定性作为衡量该湿地景观稳定性变化的指标之一,斑块结构稳定性值越高,说明斑块镶嵌结构越稳定,反之则说明斑块镶嵌结构越不稳定[16,32-33],具体公式见文献[16]。本文通过计算研究区沼泽湿地的斑块结构稳定性对模型合理性进行验证,结果如表 3。1985—2015 年研究区沼泽湿地斑块结构稳定性值逐渐升高,说明 1985—2015 年研究区沼泽湿地斑块镶嵌结构越稳定,其计算结果与研究区沼泽湿地斑块稳定性面积加权平均值计算结果一致,说明本文湿地斑块稳定性模型的建立具有一定的合理性。

表 3　沼泽湿地斑块结构稳定性

Table 3　Marsh's stability of patch structure

年份 Year	分维数 Fractal dimension	斑块结构稳定性 The stability of patch structure
1985	1.043	0.457
2015	1.038	0.462

本文在 GIS、RS 技术支持下,经野外实地考察,综合考虑自然因素和人为因素,结合影响当地沼泽湿地斑块稳定性的相关指标,构建了向海自然保护区及其周边地区湿地斑块稳定性模型。本文基于湿地斑块稳定性模型,不仅对该区沼泽湿地斑块稳定性的空间分布、时空变化以及各研究分区的动态变化进行分析,并且对研究区沼泽湿地的保护与管理提出了合理性建议,为保护区及其周边地区沼泽湿地的管理提供了一定的科学依据,模拟结果基本满足本研究的需要。但模型也有相应的不足,所建模型虽然基本将影响沼泽湿地斑块稳定性的相关指标考虑在内,但对影响斑块与斑块之间镶嵌结构的稳定性的指标考虑较少;本模型是在斑块尺度上对沼泽湿地斑块稳定性进行的研究,但大多数研究多集中在类型尺度或者景观尺度上,因此对湿地斑块稳定性模型的验证方法较少。在今后研究当中应当综合考虑影响湿地斑块稳定性的内因和外因,不断完善所建立的湿地斑块稳定性模型,找到更好且更多验证本模型合理性的方法,从而为研究区沼泽湿地的维系与管理建言献策。

罗格平等在三工河流域绿洲景观斑块稳定性的研究中认为绿洲斑块分为天然和人为绿洲斑块,而绿洲斑块的稳定性主要表现在自然稳定性和人为稳定性,其中人为干扰起到关键性作用,人为干扰很弱或不存在,绿洲斑块则为天然绿洲斑块且为自然稳定性,而人类干扰强烈, 绿洲斑块则为人为绿洲斑块且为人为稳定性[18]。根据研究分区沼泽湿地斑块稳定性面积加权平均值,1985—2015 年核心区平均值最高,主要原因为核心区内人口较少,人为干扰强度较弱,此时沼泽湿地斑块为天然沼泽湿地斑块,主要表现为自然稳定性;1985—2015 年间缓冲区尤其是实验区、周边地区人为干扰较多,强烈的人类干扰是 3 区平均值较低的主要因素,此时缓冲区尤其是实验区和周边地区的沼泽湿地斑块为人为沼泽湿地斑块,主要表现为人为稳定性。1985—2015 年向海自然保护区内沼泽湿地斑块稳定性总体呈上升趋势,说明研究区内沼泽湿地的管理基本达到了保护效果。但由研究分区沼泽湿地斑块稳定性面积加权平均值可知,1985 年实验区稳定性指数低于核心区和缓冲区稳定性指数,而 2015 年实验区稳定性指数由原来 1.877 上升至 2.294,并且高于缓冲区稳定性指数,接近核心区稳定性指数,说明在实验区中有部分人为稳定性沼泽湿地斑块正在向自然稳定性沼泽湿地斑块过渡。受降水量、水文以及政策等因素的影响,向海自然保护区内实验区沼泽湿地面积不断增多,沼泽

湿地分布格局发生较大变化,因此向海自然保护区在各功能分区的划分上有一定不合理性。在未来保护区的规划和设计中,建议将位于向海蒙古族乡水库周围的沼泽湿地划分为核心区,对其进行重点保护。1985—2015 年向海自然保护区周边的西南部湿地斑块稳定性指数由 0.938 上升至 2.346,东北部稳定性指数由 2.346 上升至 2.349。与周边地区沼泽湿地斑块相比,二者沼泽湿地斑块保存较为完整,稳定性指数相对较高,在今后沼泽湿地保护与管理中,建议将二者进行重点保护与维系。

湿地景观格局在时空尺度上具有显著的异质性,表现为湿地景观类型、数目及分布随时空变化而改变,常与气候、水文、人类活动等多种因素密切相关[34]。气候因子在较大尺度上制约着湿地的水量收支平衡,它与水文过程一起主导湿地景观格局的变化[35];农田开垦及其他形式的土地利用变更则局部改变着湿地的面积和空间分布[36-37]。研究区位于半干旱半湿润的大陆性季风区域,年际之间降水变率较大(图 6),降雨量的变化对湿地斑块面积、形状会有很大影响,进而影响到研究区沼泽湿地斑块稳定性。降雨量的变化趋势及其空间分布状况具有一定的差异性,主要受研究区域、站点密度、季节等因素影响[38]。本文研究区域面积小,气象站少,降雨量空间变异较小。因此,在湿地斑块稳定性模型的构建过程中没有考虑降雨量等气象因素的影响。

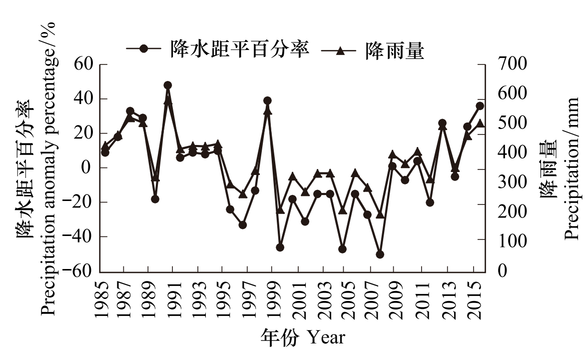


图 6 1985—2015 年研究区降雨量变化图

Fig.6 1985—2015 the change of the precipitation in the study area

4.2 结论

利用湿地斑块稳定性模型分析向海自然保护区及其周边地区沼泽湿地斑块稳定性的动态变化,得出以下结论:(1) 1985—2015 年沼泽湿地斑块稳定性重心由西向东偏移,沼泽湿地斑块稳定性空间集聚性增强;(2) 1985—2015 年研究区沼泽湿地斑块稳定性总体呈增强趋势,其空间结构性逐渐减弱;(3) 1985—2015 年研究区中核心区、缓冲区和实验区以及周边地区沼泽湿地斑块稳定性升高,其变化趋势与整个研究区沼泽湿地斑块稳定性的变化趋势一致;(4) 2015 年缓冲区沼泽湿地斑块稳定性比实验区低,并且实验区沼泽湿地斑块稳定性接近核心区,在未来保护区功能区规划中建议将向海水库周围的沼泽湿地划分到核心区中。

参考文献(References):

[1] Xie D, Zhou H J, Ji H T, An S Q. Ecological restoration of degraded wetlands in China. Journal of Resources & Ecology, 2013, 4(1): 63-69.

[2] 刘雁, 刘吉平, 盛连喜. 松嫩平原半干旱区湿地变化与局地气候关系. 中国科学技术大学学报, 2015, 45(8): 655-664.

[3] 刘吉平, 赵丹丹, 田学智, 赵亮, 刘家福. 1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力. 生态学报, 2014, 34(12): 3234-3244.

[4] 张敏, 宫兆宁, 赵文吉. 近 30 年来白洋淀湿地演变驱动因子分析. 生态学杂志, 2016, 35(2): 499-507.

[5] Mitsch W J, Gosselink J G. Wetlands. 4th ed. New York: Wiley, 2007: 107-259.

[6] 刘吉平, 马海超, 赵丹丹. 三江平原孤立湿地景观空间结构. 生态学报, 2016, 36(14): 4307-4316.

[7] Mitsch W J, Wu X. Wetland and global change//Lal R, John K E, Levine B A, eds. Soil Management and Green House Effect. Boca Raton: CRC Press Inc, 1994: 205-230.

[8] Lunetta R S, Balogh M E. Application of multi-temporal Landsat 5 TM imagery for wetland identification. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1999, 65(11): 1303-1310.

[9] 任春颖, 张柏, 张树清, 王宗明, 宋开山, 杨军. 基于 RS 与 GIS 的湿地保护有效性分析——以向海自然保护区为例. 干旱区资源与环境, 2008, 22(2): 133-139.

[10] 王晓春, 周晓峰, 何小弟, 黄春华, 赵御龙. 基于 GIS 的扬州瘦西湖新区湿地景观格局分析. 扬州大学学报, 2005, 26(4): 95-98.

[11] 崔丽娟, 张明祥. 湿地评价研究概述. 世界林业研究, 2002, 15(6): 46-53.

[12] Hill A R. Ecosystem stability: some recent perspectives. Progress in Physical Geography, 1987, 11(3): 315-333.

[13] 冯耀宗. 人工生态系统稳定性概念及其指标. 生态学杂志, 2002, 21(5): 58-60.

[14] 邬建国. 景观生态学：格局、过程、尺度与等级(第二版). 北京：高等教育出版社, 2007：106-107.
[15] Gobattoni F, Lauro G, Monaco R, Pelorosso R. Mathematical models in landscape ecology：stability analysis and numerical tests. Acta Applicandae Mathematicae, 2013, 125(1)：173-192.
[16] 赵峰, 刘华, 鞠洪波, 张怀清, 邹文涛. 三江源典型区湿地景观稳定性与转移过程分析. 北京林业大学学报, 2012, 34(5)：69-74.
[17] 龚俊杰, 杨华, 邓华锋, 张慕博. 北京明长城森林景观空间结构的分形特征及稳定性. 北京林业大学学报, 2014, 36(6)：54-59.
[18] 罗格平, 周成虎, 陈曦. 干旱区绿洲景观斑块稳定性研究：以三工河流域为例. 科学通报, 2006, 51(S1)：73-80.
[19] 王玲玲, 曾光明, 黄国和, 苏小康, 徐敏. 湖滨湿地生态系统稳定性评价. 生态学报, 2005, 25(12)：3406-3410.
[20] 王茜, 吴胜军, 肖飞, 薛怀平, 任宪友. 洪湖湿地生态系统稳定性评价研究. 中国生态农业学报, 2005, 13(4)：178-180.
[21] 王雪梅, 柴仲平, 塔西甫拉提·特依拜, 龚爱瑾, 胡江玲. 塔里木盆地北缘绿洲景观格局变化与稳定性分析. 国土与自然资源研究, 2010, (1)：45-47.
[22] 刘延国, 王青, 王军. 九寨沟自然保护区景观格局及其斑块稳定性. 东北林业大学学报, 2012, 40(4)：31-33.
[23] 张洪云. 基于控制—干扰—响应机制的湿地景观稳定性分析与评价[D]. 哈尔滨：哈尔滨师范大学, 2016.
[24] 侯瑞萍. 近 20 年来宁夏盐池县湿地动态与植被特征研究[D]. 北京：北京林业大学, 2015.
[25] 白军红, 欧阳华, 崔保山, 王庆改, 陈辉. 近 40 年来若尔盖高原高寒湿地景观格局变化. 生态学报, 2008, 28(5)：2245-2252.
[26] 赵海迪, 刘世梁, 董世魁, 刘琦, 李晓文. 三江源区人类干扰与湿地空间变化关系研究. 湿地科学, 2014, 12(1)：22-28.
[27] Cui L J, Gao C J, Zhou D M, Mu L. Quantitative analysis of the driving forces causing declines in marsh wetland landscapes in the Honghe region, northeast China, from 1975 to 2006. Environmental Earth Sciences, 2014, 71(3)：1357-1367.
[28] 张有智, 吴黎. 三江平原湿地动态变化及驱动力分析. 黑龙江农业科学, 2010, (12)：151-154.
[29] 任春颖, 张柏, 张树清, 王宗明, 宋开山, 杨军. 向海自然保护区湿地资源保护有效性及其影响因素分析. 资源科学, 2007, 29(6)：75-82.
[30] 王卫华, 王全九. 黑河中游绿洲麦田土壤导气率空间变异尺度性研究. 农业机械学报, 2014, 45(4)：179-183.
[31] 邢旭光, 赵文刚, 马孝义, 赵伟, 史文娟. 覆膜滴灌条件下棉花根层土壤盐分时间稳定性研究. 农业机械学报, 2015, 46(7)：146-153.
[32] 林佳, 宋戈, 宋思铭. 景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例. 生态学报, 2011, 31(20)：5918-5927.
[33] 杨国安, 甘国辉. 基于分形理论的北京市土地利用空间格局变化研究. 系统工程理论与实践, 2004, 24(10)：131-137.
[34] 白军红, 欧阳华, 杨志锋, 崔保山, 崔丽娟, 王庆改. 湿地景观格局变化研究进展. 地理科学进展, 2005, 24(4)：36-45.
[35] 董李勤, 章光新. 嫩江流域沼泽湿地景观变化及其水文驱动因素分析. 水科学进展, 2013, 24(2)：177-183.
[36] 孙贤斌, 刘红玉, 傅先兰. 土地利用变化对盐城自然保护区湿地景观的影响. 资源科学, 2010, 32(9)：1741-1745.
[37] 袁力, 赵雨森, 龚文峰, 范文义. 基于 RS 和 GIS 扎龙湿地土地利用景观格局演变的研究. 水土保持研究, 2008, 15(3)：49-53.
[38] 刘和平, 王秀颖, 梁凤国, 高晓飞, 万金红. 辽西北地区 45 年来降水量变化趋势及其空间差异. 水电能源科学, 2014, 32(3)：5-9, 33-33.